

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP411084098A

PAT-NO: JP411084098A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11084098 A

TITLE: X-RAY-LIGHTING DEVICE AND METHOD, X-RAY PROJECTION  
ALIGNER, AND  
DEVICE-MANUFACTURING METHOD

PUBN-DATE: March 26, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HASEGAWA, TAKAYUKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

CANON INC

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10188274

APPL-DATE: June 18, 1998

INT-CL (IPC): G21K005/02;G03F007/20 ;H01L021/027  
;H05H013/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an x-ray-lighting device that detects the relative deviation of the optical axes of an X-ray mirror and an SR (synchrotron radiation light) beam, controls the position and attitude of the X-ray mirror, and can supply X-rays with a uniform intensity distribution to a projection aligner by a high intensity.

SOLUTION: Based on the detection results of sensors 5 and 6 for detecting an SR beam 2 that enters a first X-ray mirror 3, the drive of the first X-ray mirror 3 is controlled so that specific position and attitude are continuously maintained for the optical axis of the SR beam 2 that

fluctuates. Then, based on the output of a means 10 for measuring position and attitude to the reference surface of the first X-ray mirror 3, the driving amount of a second X-ray mirror 8 is calculated by a second control means 11, and the position and attitude of the second X-ray mirror 8 are controlled via a second driving means 9 according to the displacement of the first X-ray mirror 3, thus accurately positioning all X-ray mirrors to the SR beam 2 and supplying X-rays with a uniform high intensity distribution to the entire surface of an exposure surface angle.

COPYRIGHT: (C)1999, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84098

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) IntCl<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 2 1 K 5/02

G 2 1 K 5/02

X

G 0 3 F 7/20

5 0 3

G 0 3 F 7/20

5 0 3

H 0 1 L 21/027

H 0 5 H 13/04

U

H 0 5 H 13/04

H 0 1 L 21/30

5 3 1 A

審査請求 未請求 請求項の数20 F D (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平10-188274

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

(22) 出願日 平成10年(1998) 6月18日

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(31) 優先権主張番号 特願平9-202207

(72) 発明者 長谷川 隆行

(32) 優先日 平9(1997) 7月11日

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

ノン株式会社内

(31) 優先権主張番号 特願平9-202545

(74) 代理人 弁理士 阪本 善朗

(32) 優先日 平9(1997) 7月11日

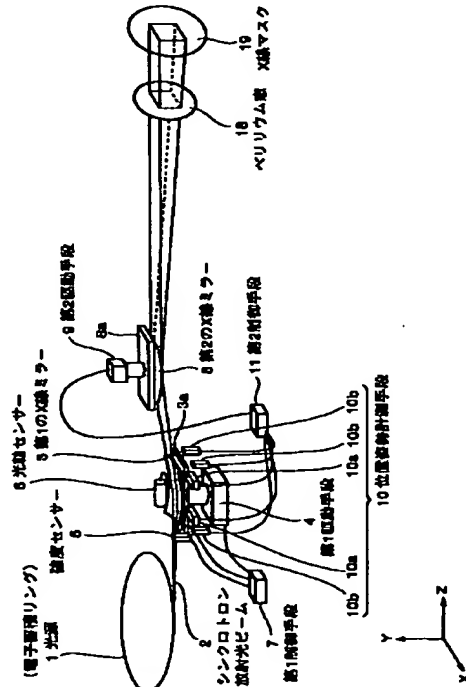
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(54) 【発明の名称】 X線照明装置およびX線照明方法、X線露光装置ならびにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 X線ミラーとSRビームの光軸の相対的なずれを検出してX線ミラーの位置や姿勢を制御し、高強度で強度分布の均一なX線を露光装置に供給することが可能なX線照明装置を提供する。

【解決手段】 第1のX線ミラー3に入射するSRビーム2を検出するセンサー5、6の検出結果に基づいて、第1のX線ミラー3を変動するSRビーム2の光軸に対し常に所定の位置および姿勢を維持するように駆動制御し、第1のX線ミラー3の基準面に対する位置や姿勢を計測する計測手段10の出力に基づいて、第2制御手段11により、第2のX線ミラー8の駆動量を算出し、第1のX線ミラー3の変位に追従して第2のX線ミラー8の位置や姿勢を第2駆動手段9を介して制御するようになし、全てのX線ミラーをSRビーム2に対して高精度に位置合わせでき、高強度で強度分布の均一なX線を露光面角全面に供給できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シンクロトロン放射光ビームを順に反射する第1および第2のX線ミラーと、前記X線ミラーのそれぞれの位置および姿勢の少なくとも一方を変化させる駆動手段と、前記第1のX線ミラーに入射するシンクロトロン放射光ビームを検出する第1計測手段と、所定の基準に対する前記第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方、もしくは前記第1のX線ミラーと前記第2のX線ミラーの間の相対的な位置および姿勢の少なくとも一方を計測する第2計測手段と、前記第1計測手段での計測に基づいて前記第1のX線ミラーの駆動を制御する第1制御手段と、前記第2計測手段での計測に基づいて第2のX線ミラーの駆動を制御する第2制御手段とを具備することを特徴とするX線照明装置。

【請求項2】 第1制御手段によって、シンクロトロン放射光ビームの変位に対して第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方を維持するとともに、第2制御手段によって前記第1のX線ミラーの変位に追従して第2のX線ミラーを変位させることを特徴とする請求項1記載のX線照明装置。

【請求項3】 第1計測手段は、第1のX線ミラー近傍に配置され、シンクロトロン放射光ビームの強度中心を検出する強度センサーおよびシンクロトロン放射光ビームの光軸の傾きを検出する光軸センサーの少なくとも一方を有することを特徴とする請求項1または2記載のX線照明装置。

【請求項4】 第2計測手段は、床面を基準として第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方を計測することを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項記載のX線照明装置。

【請求項5】 振動を計測する第3計測手段をさらに有し、該第3計測手段の計測をもとに第2制御手段の制御を補正することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項記載のX線照明装置。

【請求項6】 第3計測手段は、第1もしくは第2のX線ミラーを支持するフレームに固定された加速度センサーまたは測距センサーを有することを特徴とする請求項5記載のX線照明装置。

【請求項7】 第2計測手段は、第1および第2のいずれか一方のX線ミラー側から計測ビームを投光し他方のX線ミラー側で該計測ビームを受光する手段を有することを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項記載のX線照明装置。

【請求項8】 第2計測手段は、第1および第2のいずれか一方のX線ミラー側に固定されたレーザー光源と、他方のX線ミラー側に固定されたセンサーを有することを特徴とする請求項7記載のX線照明装置。

【請求項9】 レーザー光源は第2のX線ミラー側に固定され、センサーは第1のX線ミラー側に固定されていることを特徴とする請求項8記載のX線照明装置。

【請求項10】 シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、第2のX線ミラーによって拡大して、所定の照明範囲に一括でX線を供給することを特徴とする請求項1ないし9のいずれか1項記載のX線照明装置。

【請求項11】 シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、第2のX線ミラーを揺動することにより前記シンクロトロン放射光ビームを偏向走査して、所定の照明範囲にX線を供給することを特徴とする請求項1ないし9のいずれか1項記載のX線照明装置。

【請求項12】 請求項1ないし11のいずれか1項記載のX線照明装置と、該X線照明装置で照射されるX線によって露光される基板を保持する手段を有することを特徴とするX線露光装置。

【請求項13】 シンクロトロン放射光ビームを第1および第2のX線ミラーで順に反射して物体を照明する方法であって、該シンクロトロン放射光ビームの変位に対して前記第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方を維持する第1行程と、該維持に伴う前記第1のX線ミラーの変位に追従して前記第2のX線ミラーを変位させる第2行程を有することを特徴とするX線照明方法。

【請求項14】 前記第2行程は、床に対する第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方を検出する行程を含むことを特徴とする請求項13記載のX線照明方法。

【請求項15】 前記第2行程は、第1と第2のX線ミラーの間の相対的な位置関係を検出する行程を含むことを特徴とする請求項13記載のX線照明方法。

【請求項16】 第1または第2のX線ミラーを設置する床の振動を検出して、前記第1行程および前記第2行程の少なくとも一方に反映させることを特徴とする請求項13記載のX線照明方法。

【請求項17】 シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、第2のX線ミラーによって拡大して、所定の照明範囲にX線を供給することを特徴とする請求項13ないし16のいずれか1項記載のX線照明方法。

【請求項18】 シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、そして第2のX線ミラーを揺動することにより前記シンクロトロン放射光ビームを偏向走査することを特徴とする請求項13ないし16のいずれか1項記載のX線照明方法。

【請求項19】 請求項13ないし18のいずれか1項記載のX線照明方法を用いて基板を露光する工程を含む製造工程によってデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項20】 露光前に基板にレジストを塗布する工程と、露光後にレジストを現像する工程をさらに有する

ことを特徴とする請求項19記載のデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ウエハ等の基板上にマスクパターンを転写、焼き付けを行なうX線露光方式に関し、特に、シンクロトロン放射光を露光光とするX線照明装置およびX線照明方法、X線露光装置ならびにデバイス製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体デバイスの高集積化に伴って半導体素子の微細パターン化が一層進み、1ギガビット以上のDRAMのための最小線幅0.15 $\mu$ mのパターンを転写し焼き付けすることのできる種々の露光装置の開発が進んでおり、なかでも電子蓄積リングから放射されるシンクロトロン放射光を露光光とするX線露光装置は転写、焼き付けの精度と生産性の双方にすぐれており、将来性が大きく期待されている。

【0003】シンクロトロン放射光（以下、SRという。）を露光光とする従来のX線露光装置におけるX線照明装置は、図12あるいは図13に例示するような構成を備えている。

【0004】図12に図示するX線照明装置において、101はシート状のSRビーム102を発する電子蓄積リングからなる光源装置、103は円筒状に湾曲した反射面を有するX線ミラー、104はX線取り出し窓、105は図示しないウエハ等の基板上に転写するマスクパターンが描かれた原版であるマスクであって、電子蓄積リング等からなる光源装置101から放射されるシート状のSRビーム102は、X線ミラー103によりY方向に拡大され、必要な露光画角に拡大されたSRビーム102はX線取り出し窓104を経て露光装置側の露光室内に入射され、マスク105の全面を一括照射し、マスクパターンを図示しないウエハ等の基板に転写するように構成されている。この種のX線照明装置ではSRビームは集光されておらず、そのままマスク面に照射されている。ところで、X線ミラー103の反射面とSRビーム102の相対位置すなわちSRビーム102の入射位置がY方向に変化すると、拡大されたSRビームの強度分布が変動し、露光画角内に著しい強度むらが発生して均一な露光を行なうことができない。そこで、X線ミラー103に入射するSRビーム102のY方向の相対的な位置ずれを検出するSRビーム位置センサー107をミラー保持部106に取り付けるとともにX線ミラー103をY方向に移動させるミラー駆動手段108および制御手段109を設け、この制御手段109は、SRビーム位置センサー107の検出出力により、X線ミラー103とSRビーム102間の相対的な位置ずれ量を算出して、この算出結果に基づいてミラー駆動手段108を駆動制御するように構成され、SRビーム102のY方向の強度分布の中心がミラー反射面の所定の位置か

ら相対的に移動しないようにしている。

【0005】また、図13に図示するX線照明装置においては、201はシート状のSRビーム202を発する電子蓄積リングからなる光源装置、203は図示しない揺動機構により揺動可能に設けられたX線ミラー、204はX線取り出し窓、205は図示しないウエハ等の基板上に転写するマスクパターンが描かれた原版であるマスクであって、X線ミラー203を図示しない揺動機構により $\omega$ X方向に揺動させることによって、光源装置201から放射されるシート状のSRビーム202をY方向に走査させ、X線取り出し窓104を経て露光装置側の露光室内に入射され、マスク205の全面にSRビーム202を照射するように構成されている。そして、X線ミラー203に入射するSRビーム202のY方向の相対的な位置ずれを検出するSRビーム位置センサー207をミラー保持部206に取り付けるとともにX線ミラー203の揺動中心をY方向に移動させるミラー駆動手段208および制御手段209を設け、制御手段209は、SRビーム位置センサー207の検出出力により、X線ミラー203とSRビーム202間の相対的な位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいてミラー駆動手段208を駆動制御するように構成され、SRビーム202のY方向の強度分布の中心がミラー反射面の所定の位置から相対的に移動しないようにし、マスク205上のX線強度分布が変化するのを防止している。

【0006】このように従来のX線照明装置においては、SRビームのY方向の強度分布の中心がX線ミラー反射面に対してY方向にのみずれないように制御している。これは、集光を行わないX線照明装置ではX線ミラーの反射面のX方向は平坦であって、SRビームとミラー反射面のX方向のずれによりマスク面でのX線の強度変動は生じず、また $\omega$ Y方向のずれによる影響も少ないけれども、SRビームとX線ミラー反射面のY方向のずれによってマスクに照射されるX線の強度が大きく変動するからである。すなわち、X線ミラーとSRビームの相対位置がY方向に変化すると、SRビームの強度分布が大きく変動し、露光画角内に著しい強度むらが発生して均一な露光を行なうことができない。そのために、SRビームのY方向の強度分布の中心がX線ミラーの反射面の所定の位置から相対的に移動しないように、SRビーム位置センサーの出力に応じてX線ミラーを移動調整させるようにミラー駆動手段を制御している。

【0007】また、最近のX線照明装置においては、SRビームを集光させるとともに拡大あるいは走査するように構成して、より強度の高いX線を露光装置に供給しそしてマスク全面を露光するようになったX線照明装置が開発されている。この種のX線照明装置では、少なくとも2枚のX線ミラーを用いており、高強度のX線によってマスクを露光することができるとともに露光時間を短縮して露光装置のスループットを向上させることがで

きる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来技術によれば、少なくとも2枚のX線ミラーを用い、SRビームをX方向に集光しそしてY方向に拡大あるいは走査するX線照明装置においては、上述のようにSRビームのY方向の入射位置のずれを検出してX線ミラーの位置を調整するだけでは均一なX線強度分布を得ることができない。これは、集光するX線照明系ではX線ミラーの反射面はX方向に曲率をもっており、具体的には、X方向に凹面になっている。そのためY方向以外のSRビームとX線ミラーの反射面のずれでもマスク面のX線強度分布が2次的に変動するためである。すなわち、凹面状のX線ミラーではビームの入射位置がX方向にずれたりビームの光軸が傾いた場合には、X線ミラーの反射角が大きく変化して露光面角内のX線強度分布が2次的に変動するためである。したがって、複数のX線ミラーの全てにおいて、SRビームとX線ミラーのY方向のずれだけではなく、その他の方向のずれによっても、マスク面上でのX線の強度分布が不均一になる。

【0009】このように上述した従来技術のような構成のX線照明装置では、SRビームのY方向以外の光軸の変動を検出することができず、高強度で均一なX線を露光装置に供給することができず、充分な転写精度を得ることができないという未解決の課題があった。

【0010】そこで、本発明は、上述の従来技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであって、X線ミラーとSRビームの光軸の相対的なずれを検出してX線ミラーの位置や姿勢を制御し、高強度で強度分布の均一なX線を露光装置に供給することが可能なX線照明装置およびX線照明方法と、これを用いたX線露光装置ならびにデバイス製造方法を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のX線照明装置は、シンクロトロン放射光ビームを順に反射する第1および第2のX線ミラーと、前記X線ミラーのそれぞれの位置および姿勢の少なくとも一方を変化させる駆動手段と、前記第1のX線ミラーに入射するシンクロトロン放射光ビームを検出する第1計測手段と、所定の基準に対する前記第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方、もしくは前記第1のX線ミラーと前記第2のX線ミラーの間の相対的な位置および姿勢の少なくとも一方を計測する第2計測手段と、前記第1計測手段での計測に基づいて前記第1のX線ミラーの駆動を制御する第1制御手段と、前記第2計測手段での計測に基づいて第2のX線ミラーの駆動を制御する第2制御手段とを具備することを特徴とする。

【0012】そして、本発明のX線照明装置において、第1制御手段によってシンクロトロン放射光ビーム

の変位に対して第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方を維持するとともに、第2制御手段によって前記第1のX線ミラーの変位に追従して第2のX線ミラーを変位させることが好ましい。

【0013】また、本発明のX線照明装置においては、第1計測手段は、第1のX線ミラー近傍に配置され、シンクロトロン放射光ビームの強度中心を検出する強度センサーおよびシンクロトロン放射光ビームの光軸の傾きを検出する光軸センサーの少なくとも一方を有することが好ましい。

【0014】そして、本発明のX線照明装置においては、第2計測手段は、床面を基準として第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方を計測することが好ましく、あるいはまた、第2計測手段は、第1のX線ミラーと第2のX線ミラーの間の相対的な位置や姿勢を計測するように、第1および第2のいずれか一方のX線ミラー側から計測ビームを投光し他方のX線ミラー側で該計測ビームを受光する手段をもって構成することが好ましく、第1および第2のいずれか一方のX線ミラー側に固定されたレーザー光源と他方のX線ミラー側に固定されたセンサーとで構成することが好ましい。

【0015】また、本発明のX線照明装置は、振動を計測する第3計測手段をさらに有し、該第3計測手段の計測をもとに第2制御手段の制御を補正するように構成することが好ましく、そして、第3計測手段は、第1もしくは第2のX線ミラーを支持するフレームに固定された加速度センサーまたは測距センサーを有することが好ましい。

【0016】本発明のX線照明装置は、シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、第2のX線ミラーによって拡大して、所定の照明範囲に一括でX線を供給する型式に適しており、あるいはまた、シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、第2のX線ミラーを揺動することにより前記シンクロトロン放射光ビームを偏向走査して、所定の照明範囲にX線を供給する型式にも適している。

【0017】本発明のX線露光装置は、請求項1ないし11のいずれか1項記載のX線照明装置と、該X線照明装置で照射されるX線によって露光される基板を保持する手段を有することを特徴とする。

【0018】さらに、本発明のX線照明方法は、シンクロトロン放射光ビームを第1および第2のX線ミラーで順に反射して物体を照明する方法であって、該シンクロトロン放射光ビームの変位に対して前記第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方を維持する第1行程と、該維持に伴う前記第1のX線ミラーの変位に追従して前記第2のX線ミラーを変位させる第2行程を有することを特徴とする。

【0019】本発明のX線照明方法においては、第2行程は、床に対する第1のX線ミラーの位置および姿勢の

10

20

30

40

50

少なくとも一方を検出する行程を含むことが好ましく、あるいはまた、第2行程は、第1と第2のX線ミラーの間の相対的な位置関係を検出する行程を含むことが好ましい。

【0020】本発明のX線照明方法においては、第1または第2のX線ミラーを設置する床の振動を検出して、前記第1行程および前記第2行程の少なくとも一方に反映させることが好ましい。

【0021】また、本発明のX線照明方法は、シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、第2のX線ミラーによって拡大して、所定の照明範囲にX線を供給すること型式に適しており、あるいはまた、シンクロトロン放射光ビームを第1のX線ミラーによって集光し、そして第2のX線ミラーを揺動することにより前記シンクロトロン放射光ビームを偏向走査する型式にも適している。

【0022】本発明のデバイス製造方法は、請求項13ないし18のいずれか1項記載のX線照明方法を用いて基板を露光する工程を含む製造工程によってデバイスを製造することを特徴とする。

【0023】さらに、本発明のデバイス製造方法においては、露光前に基板にレジストを塗布する工程と、露光後にレジストを現像する工程をさらに有することが好ましい。

【0024】

【作用】本発明によれば、第1のX線ミラーに入射するSRビームを検出する第1計測手段での計測に基づいて第1のX線ミラーをSRビームの変位に対して常に所定の位置や姿勢を維持するように駆動制御し、さらに、所定の基準に対する第1のX線ミラーの位置および姿勢の少なくとも一方、もしくは、第1のX線ミラーと第2のX線ミラーの間の相対的な位置および姿勢の少なくとも一方を計測する第2計測手段での計測に基づいて、制御手段を介して、第2のX線ミラーを第1のX線ミラーの変位に追従して駆動制御するように構成することにより、全てのX線ミラーを変動するSRビームに対して高精度に位置合わせすることができ、常に高精度なX線照明を可能にする。さらに、X線ミラー位置の振動等による相対位置変動を計測するようになし、これに基づいて後続のX線ミラーの駆動量を補正することによって、床振動などにより各X線ミラーの相対位置が変動しても全てのX線ミラーを高精度に位置合わせすることができ

る。

【0025】このように全てのX線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めすることができることによって、SR光ビームを第1のX線ミラーによって集光しかつ第2のX線ミラーによって拡大して所定の照明範囲に一括でX線を供給する型式においては、集光されて高強度で強度ムラの少ない均一な照明光を所定の照明範囲に一括で供給することができ、露光ムラの少ない露光を行

なうことが可能となり、また、SRビームを第1のX線ミラーによって集光しそして第2のX線ミラーを揺動することによりSRビームを偏向走査して、所定の照明範囲にX線を供給する型式においても、集光されて高強度で強度ムラの少ない均一な照明光を所定の照明範囲に供給することができ、露光ムラの少ない露光を行なうことが可能となる。そして、露光時間を短縮して露光装置のスループットを大幅に向上させることができ、さらに、X線露光装置の転写精度を向上させることができる。

10 【0026】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0027】＜実施例1＞図1は、本発明の第1実施例による、少なくとも2枚のX線ミラーを用いるX線照明装置を示す概略的な構成図であり、図示するX線照明装置は2枚のX線ミラーを用いて、第1のX線ミラーによりSRビームのX方向を集光し、そして第2のX線ミラーによりSRビームのY方向を拡大して、原版であるマスク全面を一括で照明するものである。

20 【0028】図1において、1はX線露光システムの光源であって、電子を蓄積しSRビームを放射する電子蓄積リングであり、シート状のSRビーム2を放射する。シート状のSRビーム2は、反射面がX方向およびY方向に凹面状に形成された集光ミラーである第1のX線ミラー3によりX方向に集光され、第1のX線ミラー3で集光反射されたSRビーム2はX方向およびY方向に凸面状に湾曲した反射面を有する拡大ミラーである第2のX線ミラー8にてY方向に拡大反射される。このように第1および第2のミラーを有するX線照明装置によって集光されかつ拡大されたSRビーム2は、超高真空雰囲気とX線露光雰囲気とを隔絶するX線取り出し窓であるベリリウム窓18を透過して露光室に導入され、図示しないマスクステージに着脱自在に固定された原版であるX線マスク19を照射する。そして、X線マスク19に描かれた回路パターンを図示しないウエハステージ等の基板保持手段に保持されたウエハ等の基板（図示しない）に露光転写する。また、電子蓄積リング1から放射されるSRビーム2は、図2に図示するように、ベリリウム窓18に至るまで超高真空雰囲気に保たれたビームライン13内を通り、そして、第1および第2のX線ミラー3、8はそれぞれ超高真空チャンバー14、15内に配置されている。

50 【0029】集光ミラーである第1のX線ミラー3は、第1ミラー保持部3aに保持され、第1制御手段7に接続された第1駆動手段4によって、その位置や姿勢の少なくとも一方を駆動調整されるように構成され、また、SRビーム2の強度中心を検出する強度センサー5およびSRビーム2の光軸の傾きを検出する光軸センサー6の少なくとも一方が第1のX線ミラー3に対して所定の位置関係となるように第1ミラー保持部3aにそれぞれ



取り付けられている。強度センサー5および光軸センサー6は、第1のX線ミラー3に対するシート状のSRビーム2の相対位置と相対角度をそれぞれ検出し、これらの検出信号を第1制御手段7に送出する。第1制御手段7は、これらの検出信号に基づいて、第1のX線ミラー3とシート状のSRビーム2の相対的な位置ずれを演算し、その演算結果により第1駆動手段4に指令を出すことにより、第1のX線ミラー3とSRビーム2を所定の位置関係に維持するように構成されている。

【0030】第1のX線ミラー3で集光反射されたSRビーム2をY方向に拡大反射する第2のX線ミラー8は、第1のX線ミラー3と同様に、第2ミラー保持部8aに保持され、第2駆動手段9によりその位置および姿勢の少なくとも一方が駆動調整されるように構成されている。

【0031】第1のX線ミラー3を収容する超高真空チャンパー14内には、所定の基準である基準面に対する第1のX線ミラー3の位置および姿勢の少なくとも一方の変動を計測する位置姿勢計測手段10が設置され、この位置姿勢計測手段10は、超高真空チャンパー14の側壁に固定された複数のセンサー10a、10a…と底壁に固定された複数のセンサー10b、10b…とから構成され、例えば床面を基準面として床面に対する第1のX線ミラー3の位置および姿勢の少なくとも一方の変動を計測する。そして、位置姿勢計測手段10に接続された第2制御手段11は、位置姿勢計測手段10による第1のX線ミラー3の変動に関する計測値から、第1のX線ミラー3に反射されたSRビームの第2のX線ミラー8の位置における光軸の変動を算出し、さらに、SRビームの光軸に対する第2のX線ミラー8の駆動量を演算算出し、算出した駆動量に基づいて第2駆動手段9を制御して、第1のX線ミラー3の変位に第2のX線ミラー8の位置や姿勢が追従するように構成されている。

【0032】次に、第1のX線ミラー3に入射するSRビーム2の強度中心と光軸の傾きをそれぞれ検出するために第1のミラー保持部3aに固定された強度センサー5および光軸センサー6について説明する。光軸センサー6は、図3の(a)に示すように、筒状の枠体6aとその一端に固着されたピンホール6bと枠体6aの他端に保持されたX線エリアセンサー6cからなり、第1のX線ミラー3のミラー保持部3a上でSRビーム2が入射する位置に固定されている。SRビーム2は第1のX線ミラー3に入射すると同時に光軸センサー6にも入射し、ピンホール6bを通ったSRビームはX線エリアセンサー6cに達する。したがって、SRビームの光軸の変動はX線エリアセンサー6c上のスポットの位置の変動として計測される。この変動量とピンホール6bからX線エリアセンサー6cまでの距離とからSRビームの光軸の傾きを算出することができ、この光軸の傾きか

ら、SRビームのX方向、 $\omega$ X方向、および $\omega$ Y方向の変動を計算することができる。なお、本実施例においては、光軸センサー6として、X線エリアセンサーを用いているけれども、X線のスポットの位置が計測できるセンサーであれば、例えば4分割センサーなどの他のセンサーを使用することもできる。

【0033】強度センサー5は、図3の(b)に示すように、3個のX線強度センサー5a~5cを一体に収容した筐体5dからなり、第1と第2のX線強度センサー5a、5bはY方向に並列され、第3のX線強度センサー5cは第2のX線センサー5bに対してX方向に並列されている。したがって、強度センサー5にシート状のSRビーム2が入射すると、第1のX線強度センサー5aと第2のX線強度センサー5bにより検出される強度の和および差からSRビーム2のY方向の中心を算出することができ、また、第2のX線強度センサー5bと第3のX線強度センサー5cにより検出される強度の比からSRビーム2の $\omega$ Z方向の変動を算出することができる。

【0034】以上のような構成において、電子蓄積リング1から放射されたシート状のSRビーム2は第1のX線ミラー3に入射すると同時に強度センサー5と光軸センサー6にも入射し、強度センサー5および光軸センサー6により、第1のX線ミラー3に入射するSRビーム2のX方向、Y方向、 $\omega$ X方向、 $\omega$ Y方向、および $\omega$ Z方向の変動を検出することができ、これらの計測値は第1制御手段7に取り込まれる。第1制御手段7は、これらの計測値から、第1駆動手段4の各軸の駆動量を演算算出し、その算出結果に基づいて、第1駆動手段4を作動させ、第1のX線ミラー3のSRビーム2に対する位置や姿勢を制御し、第1のX線ミラー3とSRビーム2間の相対的な位置ずれを回避する。

【0035】第2のX線ミラー8の位置や姿勢の制御は、第1のX線ミラー3を収容する超高真空チャンパー14内に設置された位置姿勢計測手段10により、基準面である床面に対する第1のX線ミラー3の位置や姿勢の変動を計測することにより行なうことができる。すなわち、位置姿勢計測手段10による、床面(基準面)に対する第1のX線ミラー3の位置および姿勢の計測結果に基づいて、第2制御手段11は、第2のX線ミラー8の位置における第1のX線ミラー3に反射されたSRビームの光軸2を算出し、さらに、SRビーム2の光軸に対する第2のX線ミラー8の駆動量を演算算出し、算出した駆動量に基づいて第2駆動手段9を制御して、第2のX線ミラー8を駆動調整する。これにより、SRビーム2のゆらぎ等によって第1のX線ミラー3が調整されあるいは第1のX線ミラー3のなんらかの理由による変動により、第1のX線ミラー3により反射されたSRビーム2の光軸と第2のX線ミラー8との位置関係にずれが生じて、ただちに、第2のX線ミラー8の位置や

11

姿勢をSRビーム2の光軸に対して制御することができる。

【0036】以上説明したように、本実施例のX線照明装置によれば、第1のX線ミラー3側に固定されて第1のX線ミラー位置におけるSRビーム2の光軸を検出する強度センサー5および光軸センサー6の検出結果により第1のX線ミラー3をSRビーム2の光軸に対し常に所定の位置および姿勢を維持するように駆動制御し、さらに、位置姿勢計測手段10により第1のX線ミラー3の位置や姿勢を計測し、その計測結果に基づいて、第2のX線ミラー8の駆動量を算出して、第1のX線ミラー3の変位に追従して第2のX線ミラー8の位置や姿勢を制御する。

【0037】したがって、第2のX線ミラー8に強度センサーや光軸センサーを設けることなく、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー8とともにSRビーム2に対して高精度に位置決めすることができ、第1のX線ミラー、第2のX線ミラーとこれらに入射するSRビームの間の相対的な位置ずれを回避することができる。さらに、位置姿勢計測手段10による、第1のX線ミラー3の位置および姿勢の少なくとも一方を計測する基準面を床とすることにより、簡単な構成で全てのX線ミラーを高精度にSRビームの光軸に対して位置合わせすることが可能となる。

【0038】そして、全てのX線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めできることから、集光されて高強度で強度ムラの少ない均一な照明光を露光装置の露光面角全面に一括で供給することができ、露光ムラの少ない露光を行なうことが可能となり、X線露光装置の転写精度を向上させ、スルーputを大幅に改善させることができる。

【0039】＜実施例2＞次に、本発明の第2実施例によるX線照明装置を図4に基づいて説明する。なお、本実施例は、第1実施例の構成に加えて、第1のX線ミラーに対する各X線ミラー位置における床振動等による相対位置の変動を補正しようように構成するものである。なお、本実施例において、第1実施例における部材と同様の部材には同じ符号を付して説明する。

【0040】図4において、21は、第1のX線ミラー位置の床振動を計測する床振動計測手段であって、第1のX線ミラー3を支持し床面に設置されているフレーム16に固定されており、22は、第2のX線ミラー位置の床振動を計測する床振動計測手段であって、第2のX線ミラー8を支持し床面に設置されているフレーム17に固定されている。そして、本実施例においては、第1実施例における第2制御手段11に代えて、第2制御手段11Aを用いる。すなわち、第2のX線ミラー8の第2駆動手段9を駆動制御する第2制御手段11Aは、第1のX線ミラー3の超高真空チャンバー14に設置された第1のX線ミラー3の位置および姿勢の少なくとも一

12

方を計測する位置姿勢計測手段10の計測信号を受けるとともに、第1および第2のX線ミラー3、8の位置においてそれぞれの床振動を計測する床振動計測手段21、22からそれぞれの計測信号を受け、そして、これらの計測信号に基づいて、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー8の床振動等による相対位置変動を演算算出するように構成されている。したがって、第2制御手段11Aは、位置姿勢計測手段10による、基準面に対する第1のX線ミラー3の位置や姿勢の計測結果に基づいて、第2のX線ミラー8の位置における第1のX線ミラー3に反射されたSRビームの光軸2を算出して、SRビーム2の光軸に対する第2のX線ミラー8の駆動量を演算算出するとともに、両床振動計測手段21、22の出力によりそれぞれの位置の相対位置変動を演算算出し、第1のX線ミラー3に対する第2のX線ミラー8の変位を演算して、位置姿勢計測手段10の計測結果に基づく第2のX線ミラー8の駆動量を補正し、この補正された駆動量により第2駆動手段9を駆動する。

【0041】このように構成することにより、前述した第1実施例の作用効果に加えて、第1および第2のX線ミラー3、8の相対位置変動を計測し、第2のX線ミラー8の駆動量を補正するようになり、床振動などにより第1および第2のX線ミラー3、8の相対位置が変動しても、第1および第2のX線ミラー3、8をSRビームに対して高精度に位置決めすることができる。

【0042】上述した床振動計測手段は、例えば、加速度センサーを用いて、計測される加速度から振幅を算出する構成とすることができる。また、第1のX線ミラーユニットの大気中に測距センサーを固定し、第2のX線ミラーユニットの大気中にターゲットを固定して、第1のX線ミラーユニットに対する第2のX線ミラーユニットの相対変位を直接計測する方法でもよい。このように床振動計測手段としては、第1のX線ミラーと第2のX線ミラーの床振動による相対位置変動を計測できる手段であれば、その他の方法でも良い。

【0043】＜実施例3＞次に、本発明の第3実施例によるX線照明装置を図5に基づいて説明する。本実施例は、前述した第1実施例と同様に少なくとも2枚のX線ミラーを用いたX線照明装置であるけれども、SRビームのX方向を集光し、そして、少なくとも1枚のX線ミラーを揺動機構により揺動させることでシート状のSRビームをY方向に偏向走査させ、X線を露光面角に対し相対的に走査させて、マスク全面を照明するものである。なお、本実施例において、前述した第1実施例における部材と同様の部材には同じ符号を付して説明する。

【0044】図5において、38は第2のX線ミラーとしての走査ミラーであり、図示しない揺動機構により $\omega$  X方向に揺動させることにより、第1のX線ミラー3により集光反射されたSRビーム2をY方向に走査するように構成されている。この第2のX線ミラー38は、第

13

2ミラー保持部38aに保持され、第2駆動手段39によりその位置や姿勢が駆動調整されるように構成されている。なお、第2のX線ミラー38の走査露光時の揺動中心がSRビーム2に対して所定の位置や姿勢になるように制御しなければならず、図示しない揺動機構を第2駆動手段39の上に設置し、第2駆動手段39が揺動機構による揺動中心をSRビーム2に対して所定の位置や姿勢になるように制御することが好ましい。

【0045】第1のX線ミラーである集光ミラー3は、前述した第1実施例と同様に、第1ミラー保持部3aに保持され、第1制御手段7に接続された第1駆動手段4によって、その位置および姿勢の少なくとも一方を駆動調整されるように構成され、また、SRビーム2の強度中心を検出する強度センサー5およびSRビーム2の光軸の傾きを検出する光軸センサー6が第1のX線ミラー3に対して所定の位置関係となるように第1ミラー保持部3aにそれぞれ取り付けられている。強度センサー5および光軸センサー6は、第1のX線ミラー3に対するシート状のSRビーム2の相対位置と相対角度をそれぞれ検出し、これらの検出信号を第1制御手段7に送出する。第1制御手段7は、これらの検出信号に基づいて、第1のX線ミラー3とシート状のSRビーム2の相対的な位置ずれを演算し、その演算結果により第1駆動手段4に指令を出すことにより、第1のX線ミラー3とSRビーム2を所定の位置関係に維持するように構成されている。そして、第1のX線ミラー3の位置および姿勢の少なくとも一方の変動を計測するための複数のセンサー10a、10a…、10b、10b…からなる位置姿勢計測手段10が、前述した第1実施例と同様に、第1のX線ミラー3に関連して設置され、第2制御手段11

は、位置姿勢計測手段10による第1のX線ミラー3の変動に関する計測値から、第2のX線ミラー38の位置における第1のX線ミラー3に反射されたSRビームの光軸を算出し、さらに、SRビームの光軸に対する第2のX線ミラー38の駆動量を演算算出し、算出した駆動量に基づいて第2駆動手段39を制御するように構成されている。

【0046】したがって、本実施例のX線照明装置によれば、前述した第1実施例と同様に、第1のX線ミラー3側に固定されて第1のX線ミラー位置におけるSRビーム2の光軸を検出する強度センサー5および光軸センサー6の検出結果により第1のX線ミラー3をSRビーム2の光軸に対し常に所定の位置や姿勢になるように駆動制御し、さらに、位置姿勢計測手段10により第1のX線ミラー3の位置および姿勢の少なくとも一方を計測し、その計測結果に基づいて、第2のX線ミラー48の駆動量を算出して、第2駆動手段49を動作させて第1のX線ミラー3の変位に追従して第2のX線ミラー48の位置や姿勢を制御する。

【0047】このように、本実施例においても、前述し

14

た第1実施例と同様に、第2のX線ミラー48に強度センサーや光軸センサーを設けることなく、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー48をともにSRビーム2に対して高精度に位置決めすることができ、第1のX線ミラー、第2のX線ミラーとこれらに入射するSRビームの間の相対的な位置ずれを回避することができる。さらに、位置姿勢計測手段10による、第1のX線ミラー3の位置や姿勢を計測する基準面を床とすることにより、簡単な構成で全てのX線ミラーを高精度にSRビームの光軸に対して位置合わせすることが可能となる。

【0048】全てのX線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めすることができ、そして、少なくとも1枚のX線ミラーを揺動させることによりシート状のSRビームを偏向走査することができ、集光されて高強度で強度ムラの少ない照明光でマスク全面を走査することが可能となり、X線露光装置の転写精度を向上させ、スループットを大幅に改善させることができる。

【0049】＜実施例4＞次に、本発明の第4実施例によるX線照明装置を図6に基づいて説明する。なお、本実施例は、第3実施例と同様に、SRビームのX方向を集光し、そして、少なくとも1枚のX線ミラーを揺動機構により揺動させることでシート状のSRビームをY方向に偏向走査させ、X線を露光面角に対し相対的に走査させて、マスク全面を照明するX線照明装置であって、第3実施例の構成に加えて、第1のX線ミラーに対する各X線ミラー位置における床振動等による相対位置の変動を補正するように構成するものである。なお、本実施例において、第1ないし第3実施例における部材と同様の部材には同じ符号を付して説明する。

【0050】図6において、21および22は、第2実施例において説明したように、第1および第2のX線ミラー位置の床振動をそれぞれ計測する床振動計測手段であって、床振動計測手段21は第1のX線ミラー3を支持し床面に設置されているフレーム16に固定されており、床振動計測手段22は、第2のX線ミラー8を支持し床面に設置されているフレーム17に固定されている。これらの床振動計測手段は、例えば、加速度センサーを用いて、計測される加速度から振幅を算出する構成とすることができる。また、第1のX線ミラーユニットの大気中に測距センサーを固定し、第2のX線ミラーユニットの大気中にターゲットを固定して、第1のX線ミラーユニットに対する第2のX線ミラーユニットの相対変位を直接計測する方法でもよい。このように床振動計測手段としては、第1のX線ミラーと第2のX線ミラーの床振動による相対位置変動を計測できる手段であれば、その他の方法でも良い。

【0051】そして、本実施例においては、第3実施例における第2制御手段11に代えて、第2制御手段11Aを用いる。すなわち、第2のX線ミラー8の第2駆動手段39を駆動制御する第2制御手段11Aは、第1の

X線ミラー3の超高真空チャンバー14に設置された第1のX線ミラー3の位置および姿勢の少なくとも一方を計測する位置姿勢計測手段10の計測信号を受けるとともに、第1および第2のX線ミラー3、38の位置においてそれぞれの床振動を計測する床振動計測手段21、22からそれぞれの計測信号を受け、そして、これらの計測信号に基づいて、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー38の床振動等による相対位置変動を演算算出するように構成されている。したがって、第2制御手段11Aは、位置姿勢計測手段10による、基準面に対する第1のX線ミラー3の位置や姿勢の計測結果に基づいて、第2のX線ミラー38の位置における第1のX線ミラー3に反射されたSRビームの光軸2を算出して、SRビーム2の光軸に対する第2のX線ミラー38の駆動量を演算算出するとともに、両床振動計測手段21、22の出力によりそれぞれの位置の相対位置変動を演算算出し、第1のX線ミラー3に対する第2のX線ミラー38の変位を演算して、位置姿勢計測手段10の計測結果に基づく第2のX線ミラー38の駆動量を補正し、この補正された駆動量により第2駆動手段39を駆動する。

【0052】このように構成することにより、前述した第3実施例の作用効果に加えて、第1および第2のX線ミラー3、38の相対位置変動を計測し、第2のX線ミラー38の駆動量を補正するようになし、床振動などにより第1および第2のX線ミラー3、38の相対位置が変動しても、第1および第2のX線ミラー3、38をSRビームに対して高精度に位置決めすることができる。

【0053】<実施例5>次に、本発明の第5実施例によるX線照明装置を図7および図8に基づいて説明する。本実施例は、少なくとも2枚のX線ミラーを用いて、SRビームのX方向を集光し、そしてSRビームのY方向を拡大して、マスク全面を一括で照明するように構成するとともに、第2のX線ミラーに対する第1のX線ミラーの相対的な位置や姿勢を計測することにより各X線ミラーのSRビームに対して高精度に位置決めしようとするものである。なお、本実施例においても、第1および第2の実施例における部材と同様の部材には同じ符号を付して説明する。

【0054】図7および図8において、第1のX線ミラー3は、電子蓄積リング1から放射されるシート状のSRビーム2をX方向に集光するための反射面がX方向およびY方向に凹面状に形成された集光ミラーであり、第1ミラー保持部3aに保持され、第1制御手段7に接続された第1駆動手段4によって、その位置や姿勢を駆動調整されるように構成され、また、SRビーム2の強度中心を検出する強度センサー5およびSRビーム2の光軸の傾きを検出する光軸センサー6が第1のX線ミラー3に対して所定の位置関係となるように第1ミラー保持部3aにそれぞれ取り付けられている。強度センサー5および光軸センサー6は、第1のX線ミラー3に対する

シート状のSRビーム2の相対位置と相対角度をそれぞれ検出し、これらの検出信号を第1制御手段7に送出する。第1制御手段7は、これらの検出信号に基づいて、第1のX線ミラー3とシート状のSRビーム2の相対的な位置ずれを演算し、その演算結果により第1の駆動手段4に指令を出すことにより、第1のX線ミラー3とSRビーム2を所定の位置関係に維持するように構成されている。

【0055】第2のX線ミラー48は、第1のX線ミラー3で集光反射されたSRビーム2をY方向に拡大反射するための円筒状に湾曲した反射面を有する拡大ミラーであり、第2ミラー保持部48aに保持され、第2駆動手段49によりその位置や姿勢が駆動調整されるように構成されている。そして、第2のX線ミラー48の第2ミラー保持部48aには、第1のX線ミラー3側に固定されたターゲットとしてのエリアセンサー51に向けレーザー光50aを射出するレーザー光源50が取り付けられ、エリアセンサー51は、レーザー光源50から射出されたレーザー光50aを受光してその受光位置の変動量や変動方向を検出する。これらのレーザー光源50およびエリアセンサー51は、図8に図示するように、ともにそれぞれの超高真空チャンバー65、64内に設置され、レーザー光源50はビームライン63を通してレーザー光50aをターゲットであるエリアセンサー51に照射する。そして、第2制御手段52は、エリアセンサー51の出力を受信して、その出力信号により、第2のX線ミラー8に対する第1のX線ミラー3の相対移動量を算出し、その算出結果に基づいて第2の駆動手段9を制御するように構成されている。

【0056】上記の構成において、電子蓄積リング1から放射されたSRビーム2は第1のX線ミラー3に入射すると同時に第1のミラー保持部3aに固定されている強度センサー5と光軸センサー6にも入射する。これらのセンサー5、6は、SRビーム2の強度中心と光軸の傾きをそれぞれ検出する。すなわち、SRビーム2のX方向、Y方向、 $\omega$ X方向、 $\omega$ Y方向、および $\omega$ Z方向の変動を検出することができ、これらの計測値は第1制御手段7に取り込まれる。第1制御手段7は、これらの計測値から第1駆動手段4の各軸の駆動量を演算算出し、その算出結果に基づいて、第1駆動手段4を作動させ、第1のX線ミラー3のSRビーム2に対する位置および姿勢を制御し、第1のX線ミラー3とSRビーム2間の相対的な位置ずれを回避する。

【0057】第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー48の間の相対的な位置や姿勢は、第2のX線ミラー48に関連して取り付けられたレーザー光源50から射出投光される計測ビームであるレーザー光50aを、第1のX線ミラー3に関連して取り付けられたエリアセンサー51で受光し、その受光点の変動量や変動方向により計測する。すなわち、第1および第2のX線ミラー間の相

対的な位置や姿勢のずれは、エリアセンサー51におけるレーザー光50aの受光点の変動として表われ、その受光点の変動量および変動方向により両ミラー間の相対的な位置および姿勢のずれ量を計測することができる。エリアセンサー51の出力は第2制御手段52に取り込まれ、第2制御手段52は、エリアセンサー51の計測出力に基づいて、第2のX線ミラー8が第1のX線ミラー3に対し所定の位置や所定の姿勢になるように駆動量を演算算出し、第2駆動手段49を介して第2のX線ミラー48を作動させ、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー48間の相対的な位置や姿勢を制御する。なお、レーザ光源50を第1のX線ミラー3側に設け、エリアセンサー51を第2のX線ミラー48側に設けても良い。

【0058】以上説明したように、本実施例は、それぞれ駆動手段(4、49)によって駆動される少なくとも2枚のX線ミラー(3、48)を備え、第1のX線ミラー3側に固定されたSRビーム2の光軸を検出する強度センサー5および光軸センサー6の検出結果により第1のX線ミラー3をSRビーム2の光軸に対し常に所定の位置や姿勢を維持するように駆動制御し、さらに、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー48の間の相対的な位置や姿勢を計測するための、一方のX線ミラー側に固定されたレーザー光源50および他方のX線ミラー側に固定されたエリアセンサー51からなる計測手段と、この計測手段(50、51)の出力により第2のX線ミラー48の駆動量を演算算出し、算出された駆動量により該当するミラーの駆動手段49を制御する第2制御手段52とを有し、前記計測手段(50、51)の計測結果に基づいて、第2のX線ミラー48の駆動量を算出し、X線ミラー3の変位に追従してX線ミラー48の位置や姿勢を制御する。

【0059】したがって、第2のX線ミラー48に強度センサーや光軸センサーを設けることなく、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー48とともにSRビーム2に対して正確に位置決めすることができ、第1のX線ミラー、第2のX線ミラーとこれらに入射するSRビームの間の相対的な位置ずれを回避することができる。

【0060】さらに、第1のX線ミラー3は第1のX線ミラー3に固定された強度センサー5および光軸センサー6によりSRビーム2に対し高精度に位置決めされており、この第1のX線ミラー3側に固定されたエリアセンサー51と第2のX線ミラー48側に固定されたレーザー光源50により、第2のX線ミラー48に対する第1のX線ミラー3の相対位置や姿勢を計測しているので、床振動などによりX線ミラーの位置が変動しても、各X線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めすることができる。

【0061】全てのX線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めすることができることから、集光されて高

強度で強度ムラの少ない均一な照明光を露光装置の露光面角全面に一括で供給することができ、露光ムラの少ない露光を行なうことが可能となり、X線露光装置の転写精度を向上させ、スルーputを大幅に改善させることができる。

【0062】＜実施例6＞さらに、本発明の第6実施例によるX線照明装置を図9に基づいて説明する。本実施例は、前述した第5実施例と同様に少なくとも2枚のX線ミラーを用いたX線照明装置であるけれども、SRビームのX方向を集光し、そして、少なくとも1枚のX線ミラーを揺動機構により揺動させることでシート状のSRビームをY方向に偏向走査させ、X線を露光面角に対し相対的に走査させて、マスク全面を照明するように構成するものである。なお、本実施例において、第1および第5の実施例における部材と同様の部材には同じ符号を付して説明する。

【0063】図9において、第1のX線ミラー3は、前述した第5実施例と同様に、シート状のSRビーム2をX方向に集光するための反射面がX方向に凹面状に形成された集光ミラーであり、第1ミラー保持部3aに保持され、第1制御手段に接続された第1駆動手段4によって、その位置や姿勢を駆動調整されるように構成され、また、図9には図示しないけれども、SRビーム2の強度中心を検出する強度センサーおよびSRビーム2の光軸の傾きを検出する光軸センサーが、第5実施例と同様に、第1のX線ミラー3に対して所定の位置関係となるように第1ミラー保持部3aにそれぞれ取り付けられている。

【0064】第2のX線ミラー68は、図示しない揺動機構により $\omega$ X方向に揺動され、第1のX線ミラー3により集光反射されたSRビーム2をY方向に偏向走査するように構成された走査ミラーであり、第2ミラー保持部8aに保持され、第2駆動手段69によりその位置や姿勢が駆動調整されるように構成されている。なお、第2のX線ミラー68の走査露光時の揺動中心がSRビーム2に対して所定の位置および姿勢になるように制御しなければならず、図示しない揺動機構は第2駆動手段69の上に設置することが好ましい。

【0065】そして、第2のX線ミラー68の第2ミラー保持部68aにおいて、走査露光時に揺動機構により揺動されない部位に、第5実施例と同様に、第1のX線ミラー3側に固定されたターゲットとしてのエリアセンサー71に向けレーザー光70aを出射するレーザー光源70が取り付けられ、エリアセンサー71は、レーザー光源70から出射されたレーザー光70aを受光してその受光位置の変動量や変動方向を検出する。これらのレーザー光源70およびエリアセンサー71はともにそれぞれの超高真空チャンバー65、64内に設置され、レーザー光源70はビームライン63を通してレーザー光70aをターゲットであるエリアセンサー71に照射

する。そして、第2制御手段72は、エリアセンサー71の出力を受信して、その出力信号により、第2のX線ミラー68に対する第1のX線ミラー3の相対移動量を算出し、その算出結果に基づいて第2の駆動手段69を制御するように構成されている。

【0066】上記の構成において、電子蓄積リングから放射されたSRビーム2は第1のX線ミラー3に入射すると同時に第1のミラー保持部3aに固定されている強度センサーと光軸センサーにも入射する。これらのセンサーは、前記第5実施例において説明したように、SRビーム2の強度中心と光軸の傾きをそれぞれ検出する。すなわち、SRビーム2のX方向、Y方向、 $\omega$ X方向、 $\omega$ Y方向、および $\omega$ Z方向の変動を検出することができ、これらの計測値は第1制御手段に取り込まれる。第1制御手段は、これらの計測値から第1駆動手段4の各軸の駆動量を演算算出し、その算出結果に基づいて、第1駆動手段4を作動させ、第1のX線ミラー3のSRビーム2に対する位置および姿勢を制御し、第1のX線ミラー3とSRビーム2間の相対的な位置ずれを回避する。

【0067】第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー68の間の相対的な位置や姿勢は、第2のX線ミラー68に関連して第2ミラー保持部68aに取り付けられたレーザー光70から出射投光される計測ビームであるレーザー光70aを、第1のX線ミラー3に関連して第1ミラー保持部3aに取り付けられたエリアセンサー71で受光し、その受光点の変動量や変動方向により計測する。第1および第2のX線ミラー間の相対的な位置や姿勢のずれは、エリアセンサー71におけるレーザー光70aの受光点の変動として表われ、その受光点の変動量および変動方向により両ミラー間の位置や姿勢のずれ量を計測することができる。エリアセンサー71の出力は第2制御手段72に取り込まれ、第2制御手段72は、エリアセンサー71の計測出力に基づいて、第2のX線ミラー68が第1のX線ミラー3に対し所定の位置および所定の姿勢になるように駆動量を演算算出し、第2駆動手段69を介して第2のX線ミラー68を作動させ、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー68間の相対的な位置や姿勢を制御する。なお、先の第5実施例と同様に、レーザー光源70とエリアセンサー71を逆にしても良い。

【0068】以上説明したように、本実施例は、前述した第5実施例と同様に、それぞれ駆動手段(4、69)によって駆動される少なくとも2枚のX線ミラー(3、68)を備え、第1のX線ミラー3側に固定されてSRビーム2の光軸を検出する強度センサーおよび光軸センサーの検出結果により第1のX線ミラー3をSRビーム2の光軸に対し常に所定の位置や姿勢になるように駆動制御し、さらに、第2のX線ミラー68に対する第1のX線ミラー3の位置および姿勢を計測するための、一方のX線ミラー側に固定されたレーザー光源70および他

方のX線ミラー側に固定されたエリアセンサー71からなる計測手段と、この計測手段(70、71)の出力により第2のX線ミラー68の駆動量を演算算出し、算出された駆動量により該当するミラーの駆動手段9を制御する第2制御手段72とを備え、前記計測手段(70、71)の計測結果に基づいて、第2のX線ミラー68の駆動量を算出し、第1のX線ミラー3の変位に追従してX線ミラー68の位置や姿勢を制御する。

【0069】したがって、第2のX線ミラー68に強度センサーや光軸センサーを設けることなく、第1のX線ミラー3と第2のX線ミラー68をとともにSRビーム2に対して正確に位置決めすることができ、第1のX線ミラー、第2のX線ミラーとこれらに入射するSRビームの間の相対的な位置ずれを回避することができる。

【0070】さらに、第1のX線ミラー3は第1のX線ミラー3に固定された強度センサーおよび光軸センサーによりSRビーム2に対し高精度に位置決めされており、この第1のX線ミラー3側に固定されたエリアセンサー71と第2のX線ミラー68側に固定されたレーザー光源70により、第2のX線ミラー68に対する第1のX線ミラー3の相対位置や姿勢を計測しているので、床振動などによりX線ミラーの位置が変動しても、各X線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めすることができる。

【0071】全てのX線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めすることができ、そして、少なくとも1枚のX線ミラーを揺動させることによりシート状のSRビームを走査することができ、集光されて高強度で強度ムラの少ない照明光でマスク全面を走査することが可能となり、X線露光装置の転写精度を向上させ、スルーバットを大幅に改善させることができる。

【0072】なお、前述した各実施例においては、X線ミラーとして第1および第2のミラーの2枚を配設しているけれども、これに限らず、第2のX線ミラーを複数設けて3枚以上のX線ミラーを備えたX線照明装置においても同様に構成することができる。

【0073】<実施例7>次に、上述したX線露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0074】図10は、微小デバイス(ICやLSI等)の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造のフローを示す。ステップ1(回路設計)ではデバイスのパターン設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計したパターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコンやガラス等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組立)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工



## 21

程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0075】図11は、上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハにレジストを塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光システムによってマスクの回路パターンをウエハの複数のショット領域に並べて焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0076】このような製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった大型のデバイスを低コストに製造することができる。

【0077】

【発明の効果】本発明は、上述したように構成されているので、全てのX線ミラーを変動するSRビームに対して高精度に位置合わせすることが可能となるため、常に高精度なX線照明が可能である。

【0078】また、第1のX線ミラーの位置や姿勢を計測する基準面を床面とすることにより簡単な構成で全てのX線ミラーをSRビームに対して高精度に位置合わせすることができる。

【0079】さらに、X線ミラー位置の振動を計測するようにし、これに基づいて後続のX線ミラーの駆動量を補正することによって、床振動などにより各X線ミラーの相対位置が変動しても全てのX線ミラーを高精度に位置合わせすることが可能となる。

【0080】以上のように、本発明のX線照明装置によれば、全てのX線ミラーをSRビームに対し高精度に位置決めすることができ、露光ムラの少ない露光を行なうことが可能となる。そして、露光時間を短縮して露光装置のスループットを大幅に向上させることができ、さらに、X線露光装置の転写精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例によるX線照明装置を示す概略的構成図である。

【図2】本発明の第1実施例によるX線照明装置におい

## 22

て一部を破断して示す概略的側面図である。

【図3】（a）および（b）は、第1のX線ミラーに付設してSRビームの強度および光軸をそれぞれ検出する強度センサーおよび光軸センサーを説明するためのそれぞれの概略図である。

【図4】本発明の第2実施例によるX線照明装置において一部を破断して示す概略的側面図である。

【図5】本発明の第3実施例によるX線照明装置を示す概略的構成図である。

10 【図6】本発明の第4実施例によるX線照明装置において一部を破断して示す概略的側面図である。

【図7】本発明の第5実施例によるX線照明装置を示す概略的構成図である。

【図8】本発明の第5実施例によるX線照明装置において一部を破断して示す概略的側面図である。

【図9】本発明の第6実施例によるX線照明装置において一部を破断して示す概略的側面図である。

【図10】半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

20 【図11】ウエハプロセスを示すフローチャートである。

【図12】従来のX線照明装置の構成を示す概略的構成図である。

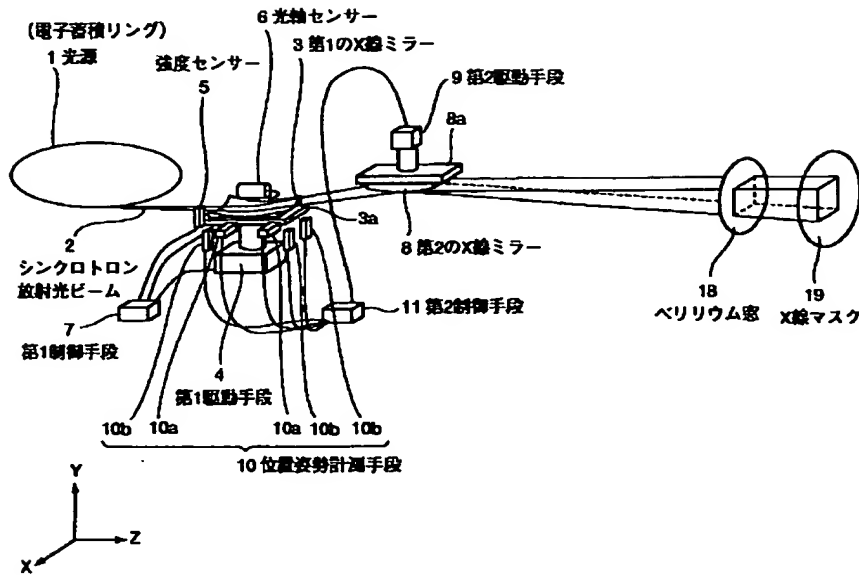
【図13】従来のX線照明装置の他の構成を示す概略的構成図である。

【符号の説明】

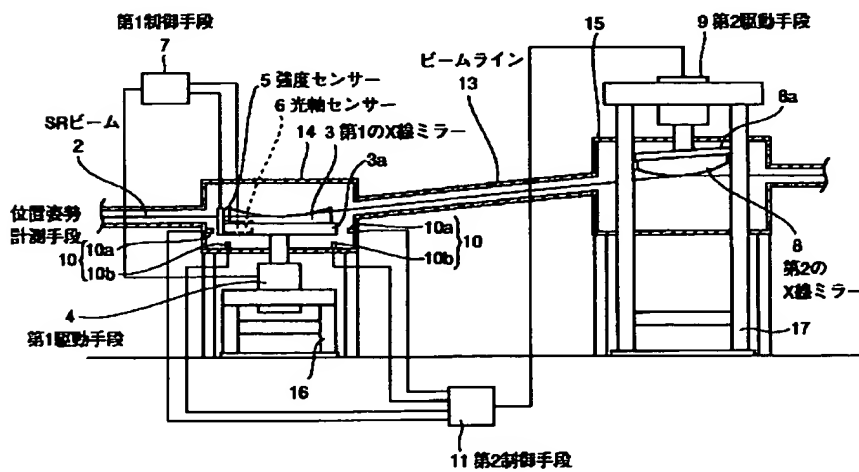
- |          |                      |
|----------|----------------------|
| 1        | 電子蓄積リング（光源）          |
| 2        | シンクロトロン放射光ビーム（SRビーム） |
| 3        | 第1のX線ミラー             |
| 30 4     | 第1駆動手段               |
| 5        | 強度センサー               |
| 6        | 光軸センサー               |
| 7        | 第1制御手段               |
| 8        | 第2のX線ミラー             |
| 9        | 第2駆動手段               |
| 10       | 位置姿勢計測手段             |
| 11、11A   | 第2制御手段               |
| 13       | ビームライン               |
| 14、15    | 超高真空チャンバー            |
| 40 16、17 | フレーム                 |
| 18       | ベリリウム窓               |
| 19       | X線マスク                |
| 21、22    | 床振動計測手段              |
| 38       | 第2のX線ミラー             |
| 39       | 第2駆動手段               |
| 48       | 第2のX線ミラー             |
| 49       | 第2駆動手段               |
| 50       | レーザー光源               |
| 51       | エリアセンサー              |
| 50 52    | 第2制御手段               |

- |       |          |    |         |
|-------|----------|----|---------|
| 23    | 63       | 24 | 70      |
| 64、65 | レーザー光源   | 71 | エリヤセンサー |
| 68    | 第2のX線ミラー | 72 | 第2制御手段  |
| 69    | 第2駆動手段   |    |         |

【図1】

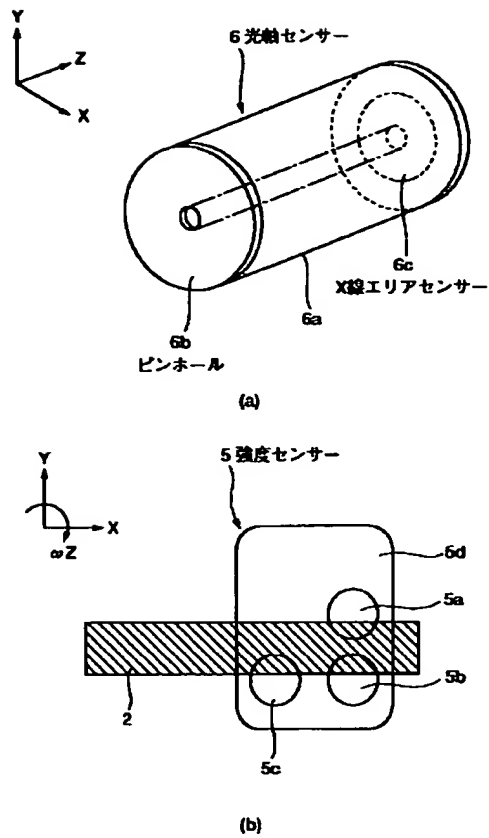


【図2】

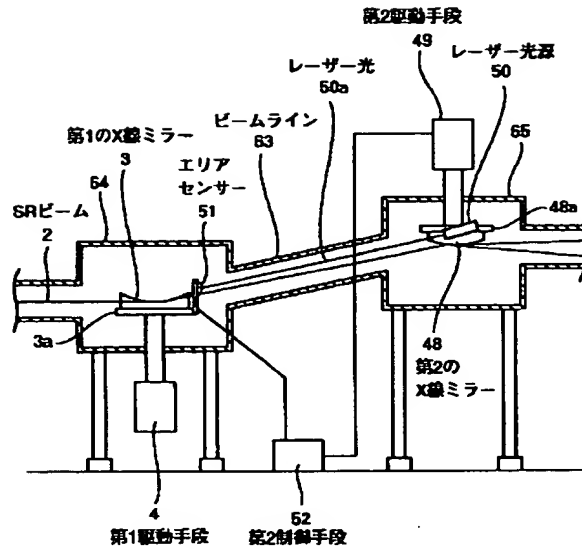




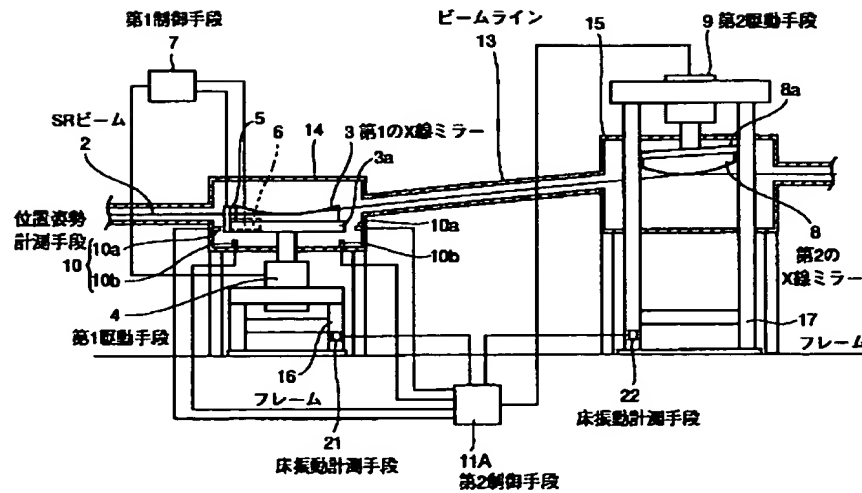
【図3】



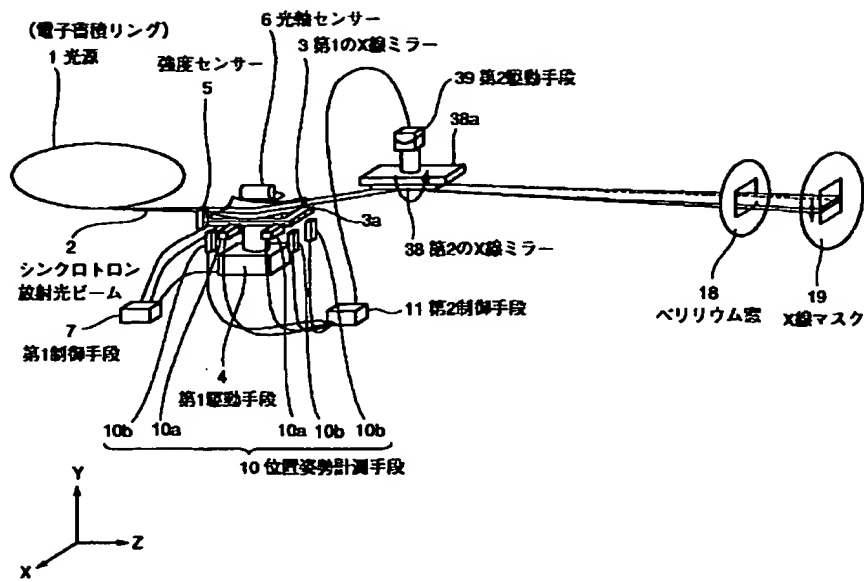
【図8】



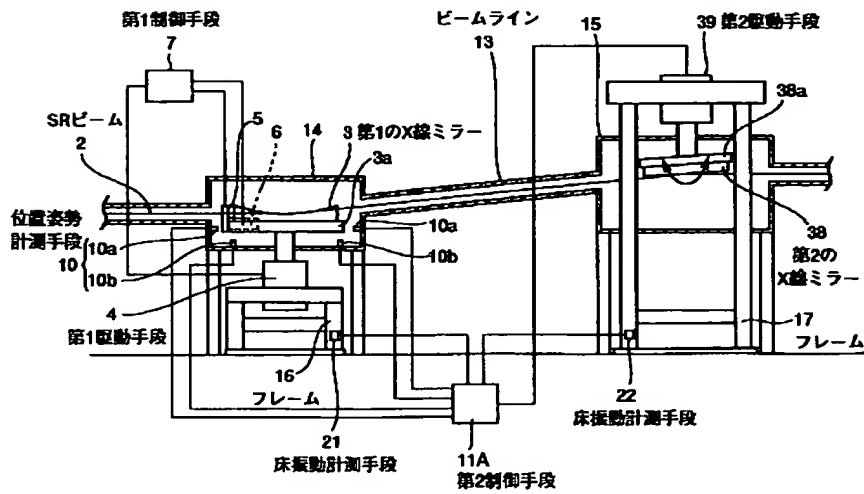
【図4】



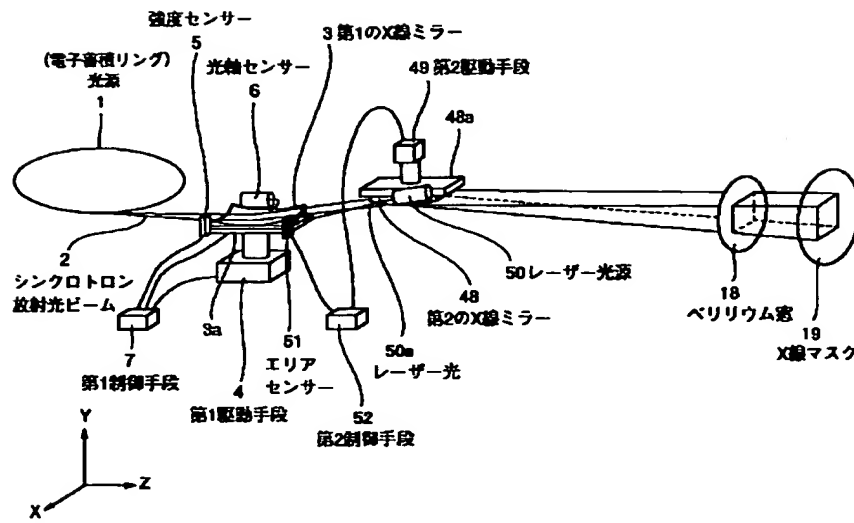
【図5】



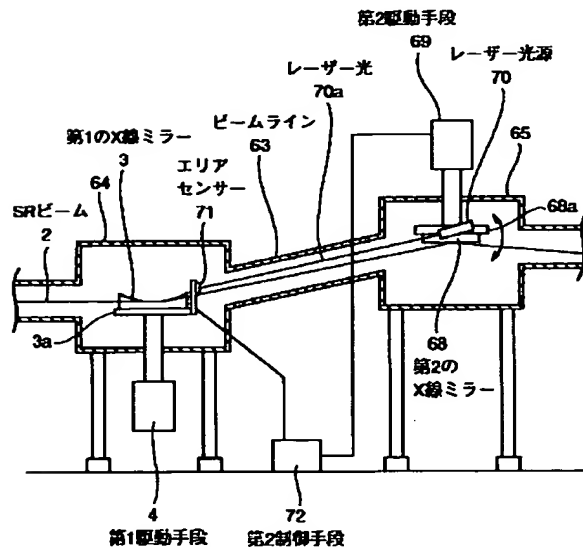
【図6】



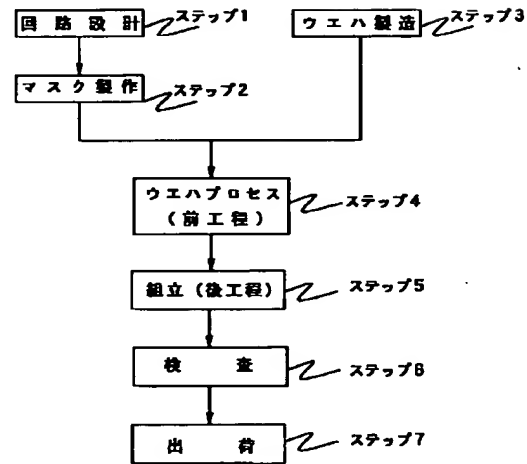
【図7】



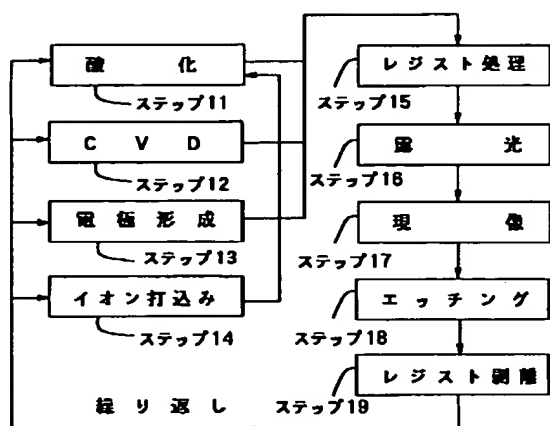
【図9】



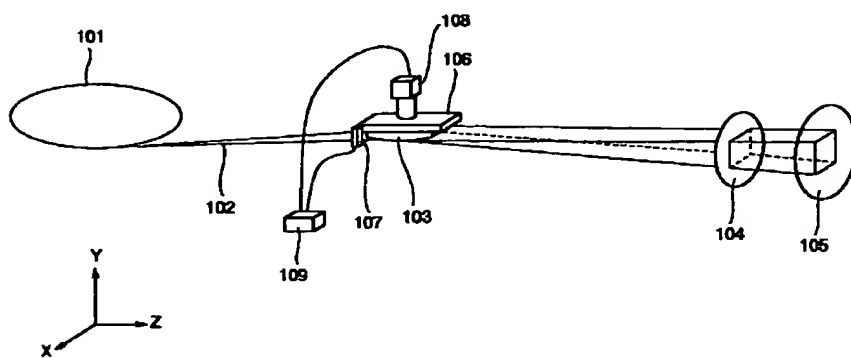
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

